

ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DA UTILIZAÇÃO DE BRIÓFITAS COMO BIOINDICADORES

Fernando da Silva Barbosa¹
Maria Adriana Santos Carvalho^{1*}

RESUMO

As grandes metrópoles normalmente oferecem condições desfavoráveis para uma qualidade de vida saudável. Fatores como emissões de poluentes, acúmulo de lixo tóxico, destruição da camada de ozônio, chuvas ácidas, dentre outros colocam a saúde humana e o meio ambiente em risco. O uso de bioindicadores pode ser uma alternativa para a indicação de poluentes se não os indicadores químicos ou mecânicos. As briófitas são plantas com grande potencial indicador e estão diretamente relacionadas com a qualidade do ar devido às suas características fisiológicas. Na base de dados Scopus® uma busca foi feita utilizando as palavras “bryophyte* OR mosse* OR liverwort* AND bioindicator* OR "biological indicator*" OR "indicator of pollution*"". Foram encontrados 317 resumos com publicações entre os anos de 1991 a 2011. Uma elevada porcentagem (76,87%) de estudos concentrou-se nos últimos 10 anos (2001 a 2011), indicando que a produção científica sobre o tema é recente e demonstrando uma predileção por trabalhos experimentais a trabalhos descritivos. A Europa é o continente que mais publica sobre o tema (52,20%) e países tropicais, como o Brasil, possuem porcentagem somada inferior a 6%. A busca obteve em sua grande maioria resultados referentes à indicação de metais pesados, biodiversidade, sais minerais e mudanças climáticas. Os táxons mais frequentes: Bryophyta, *Fontinalis antipyretica*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* e *Hypnum cupressiforme* indicam, na maior parte das publicações, o fator metais pesados. Esse estudo sugere que novas pesquisas sobre bioindicação sejam produzidas, aumentando o conhecimento e a ampliando a utilização de briófitas como bioindicadoras.

Palavras-chave: Musgos, hepáticas, indicadores biológicos, poluição.

¹ Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Rodovia TO 040 – Km 349, Loteamento Rio Palmeira, Lote 01,
CEP: 77.300-000, Dianópolis – Tocantins.

* Autor para contato. E-mail: mariadriana.sc@gmail.com

SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF THE USE OF BRYOPHYTES AS BIOINDICATORS

ABSTRACT

Large cities typically offer unfavorable conditions for a healthy quality of life. Factors such as emissions of pollutants, accumulation of toxic waste, destruction of the ozone layer, acid rain among others put human health and the environment at risk. The use of bioindicators can be an alternative to mechanical or chemical indicators for the indication of pollutants. Bryophytes are plants with great potential index and are directly related to air quality due to their physiological characteristics. On database Scopus® a search was performed using the words “bryophyte* OR mosse* OR liverwort* AND bioindicator* OR "biological indicator*" OR "indicator of pollution*"". 317 abstracts of publications between the years 1991 to 2011 were found. A high percentage (76.87 %) of studies occurred on the last 10 years (2001-2011), indicating that the scientific literature on the topic is recent and demonstrating a fondness for the experimental descriptive studies work. Europe is the continent that most published on the subject (52.20 %) and tropical countries such as Brazil, have added percentage below 6%. The search had mostly results regarding the indication of heavy metals, biodiversity, minerals and climate change. The most common taxa: Bryophyta, *Fontinalis antipyretica*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* and *Hypnum cupressiforme* indicate, in most publications, the heavy metal factor. This study suggests that further research on bioindicators are produced by increasing knowledge and expanding the use of bryophytes as bioindicators.

Key words: mosses, liverworts, biological indicators, pollution.

INTRODUÇÃO

Grandes centros urbanos normalmente oferecem condições desfavoráveis para uma qualidade de vida saudável, devido aos diversos fatores como, trânsito intenso, poluição de rios, solos e ar. Em cidades com uma grande frota automotiva é comum a ocorrência de uma espécie de névoa marrom, provocada por elevadas concentrações de NO_x (óxidos de nitrogênio) e de MP10 (material particulado) na atmosfera (Andrews *et al.* 1996) decorrentes da alta poluição. Segundo Vilela & Mendes (2000) o crescimento econômico ilimitado gera processos de desequilíbrio ecológico que degradam o meio ambiente.

Os principais problemas ambientais globais surgidos devido ao aumento da poluição química são: emissões de gás carbônico (CO₂) e outros gases, acúmulo de lixo tóxico que resultam em alterações no efeito estufa, destruição da camada de ozônio, chuvas ácidas, contaminação do solo e do lençol freático (Beaud & Bouguerra 1993, Passet 1994, Sachs 1994).

A poluição pela queima de hidrocarbonetos (que são inclusos como MP₁₀) eliminados por veículos que utilizam deste combustível são eliminados diretamente na baixa atmosfera. No grupo dos hidrocarbonetos encontram-se muitos compostos tóxicos que podem causar sérios danos à saúde humana e podem ser lançados no meio devido à queima por processos naturais, queimas industriais e combustão de motores como carros, caminhões e ônibus (USEPA 2011).

Além dos danos à saúde humana, tais como a intensificação das doenças respiratórias (Bakonyia *et al.* 2004, Braga *et al.* 1999, Braga *et al.* 2001, Lin *et al.* 1999), concentrações elevadas de poluentes atmosféricos representam riscos de destruição de monumentos históricos e de danificação da flora e da fauna (Klumpp *et al.* 2001).

A qualidade do ar pode ser avaliada, em nível local, regional, nacional e internacional, através de estimativas das emissões, do uso de modelos matemáticos e de medidas das concentrações ambientais dos principais poluentes usando métodos físico-químicos. Através de tais medidas, podem-se verificar normas e valores limites para concentrações de poluentes no ar, estabelecidos ou recomendados por instituições responsáveis. No entanto, os resultados dessas medidas não permitem conclusões imediatas sobre os impactos das concentrações atuais de poluentes em seres vivos (Arndt *et al.* 1995).

Uma alternativa para a medição de poluentes é o uso de bioindicadores, que são quaisquer seres vivos que podem indicar alguma situação ou fator (Piaia & Fernandes 2009). O uso de bioindicadores é um metodologia adequada para detecção de efeito de poluentes atmosféricos sobre organismos. A coleta sistemática de dados relativos a esses efeitos permite a criação de um inventário de respostas à poluição, o que representa o terceiro sistema de informação no controle da qualidade do ar, adicionalmente aos inventários de emissões e de concentrações ambientais (Arndt *et al.* 1995).

Nos últimos 20 anos, bioindicadores têm se mostrado sistemas de medição particularmente interessantes. A fonte de informação bioindicativa é considerada um dos pilares do monitoramento ambiental moderno, uma vez que fornece informações sobre os sistemas biológicos, tornando possível a avaliação de áreas inteiras (Markert *et al.* 2003). Além disso, o uso dos bioindicadores representa vantagens sobre os métodos convencionais de avaliação da qualidade ambiental, visto que são de baixo custo. Podem inclusive ser utilizados para a avaliação cumulativa de eventos ocorridos num determinado período de tempo, resgatando um histórico ambiental não passível de detecção ou medição por outros métodos (CETESB 2012).

Dentre os tipos de bioindicadores mais utilizados, destacam-se os biomarcadores (parâmetros de medida biológica em níveis moleculares – enzimático, genético, fisiológico), microrganismos (bactérias, microalgas), animais vertebrados e invertebrados e os bioindicadores vegetais, que além das plantas criptógamas e fanerógamas, inclui ainda os líquens e as macroalgas (Markert *et al.* 2003).

Bioindicadores vegetais são chamados de forma mais específica de fitoindicadores. Cada fitoindicador é adaptado com maior sucesso a determinado ambiente e esta observação é feita através do conhecimento empírico da população (Piaia & Fernandes 2009). Esses podem indicar fatores como fertilidade, acidez, falta ou deficiência de nutrientes, erosão e compactação do solo, tipo de ambiente em que está inserida a espécie, presença de indivíduos patogênicos, poluição e uma possível indicação

de aquecimento global, variando com as características específicas de cada espécie (Markert *et al.* 2003). O uso de fitoindicadores da emissão de poluentes para qualquer indicação requer um conhecimento das alterações específicas causadas tanto pela ação imediata do poluente como pelo seu efeito acumulativo (Bustamante 1993).

Carneiro (2004) identificou 112 espécies utilizadas como fitoindicadoras de poluição atmosférica, sendo 75 espécies vegetais vasculares. Destas, 64 são angiospermas, 11 coníferófitas, 22 líquens e 15 musgos. Briófitas, bem como os líquens, têm sido utilizadas com sucesso como indicadores de qualidade do ar em uma série de estudos (Zechmeister *et al.* 2003, Wolterbeek *et al.* 2003).

As briófitas são plantas com grande potencial fitoindicador, estando diretamente relacionadas com a qualidade do ar, bem como com alterações decorrentes da urbanização (Delgadillo & Cárdenas 2000). São consideradas plantas poiquiloídricas, ou seja, o tecido é diretamente exposto a mudanças na umidade, de modo que elas são incapazes de controlar a captura e perda de água para o ambiente (Proctor & Tuba 2002). Todas as briófitas têm essas habilidades de alguma forma devido à falta dos tecidos de revestimento e de condução de água (Mishler 2001). Esta condição fisiológica as torna diretamente dependentes do habitat e sensíveis às condições microclimáticas, sendo a maioria das espécies restrita a locais úmidos e sombreados. Assim, as respostas fisiológicas do grupo a alterações nas condições de luminosidade e umidade se dão de maneira rápida (Schofield 1985).

As características morfológicas das briófitas também fazem delas um grupo de plantas particularmente sensíveis a poluição ambiental. Comparados com as plantas vasculares, as quais obtêm pelo menos parte dos seus nutrientes do solo local por um sistema de raízes, as briófitas não possuem este sistema radicular, o que significa que muitos contaminantes advindos da deposição seca e úmida podem ser absorvidos por toda a sua superfície (Yenisoy-Karakas & Tuncel 2004).

As briófitas são consideradas o segundo maior grupo de plantas terrestres, atrás somente das angiospermas (Buck & Goffinet 2000). Embora esse número seja alto, Shepherd (2003) afirma que o número de Briólogos no Brasil, capazes de identificar Briófitas, é extremamente limitado representando o maior impedimento ao conhecimento da diversidade do grupo.

Este trabalho teve por objetivo levantar informações na literatura sobre a utilização de briófitas como bioindicadores de poluição ambiental para ampliar o conhecimento na área de bioindicação e servir de subsídio teórico para futuras pesquisas experimentais aplicadas ao monitoramento e controle da poluição, bem como de outros fatores de distúrbio ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho é caracterizado como cienciometria, que é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação desenvolvendo padrões e modelos para quantificar esses processos usando seus resultados para a elaboração de previsões apoiando a tomada de novas resoluções (Macias-Chapula 1998). Foi utilizada a base Scopus®, a maior base de dados de resumos e citações da literatura de pesquisas e de fontes de qualidade na internet. É elaborado a atender as necessidades dos cientistas de modo rápido, fácil e compreensivo (REM 2007).

Fez-se uma busca com as combinações de palavras sinônimas que englobassem os termos de interesse do trabalho associando: briófitas e bioindicadoras.

A busca foi realizada no dia 23 de março de 2012, utilizando a rede da Universidade Estadual de Goiás que disponibiliza o acesso ao portal do Scopus, já que o mesmo não está disponível em redes particulares. Na pesquisa um combinado de palavras delimitou a busca somente a resultados interessantes a esse trabalho. No campo de “busca” as palavras foram dispostas da seguinte maneira: “bryophyte* OR mosse* OR liverwort* AND bioindicator* OR "biological indicator*" OR "indicator of polution*”.

A investigação foi delimitada em resumos das datas entre 1 de janeiro de 1989 a 31 de dezembro de 2011, com o intuito de abranger as duas últimas décadas e, assim, descrever a evolução dos estudos neste período. Os resultados foram exportados em formato txt. e posteriormente transferidos para um arquivo doc.x para uma melhor utilização dos dados. Em seguida foram catalogado e dispostos em uma tabela utilizando o Microsoft Excel 7.0 (Microsoft Corp., Estados Unidos) devido sua capacidade de organização, que permitiu uma melhor análise das seguintes variáveis: número de ordem, autor, periódico, título, palavras-chave do autor, palavras chave indexadas, volume, número do periódico, ano, local, táxon e fator indicado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca gerou um total de 317 artigos, dos quais 281 foram utilizados para a análise, considerando que 36 publicações foram descartadas por não se tratarem de estudos abordando as briófitas como bioindicadoras. Esse problema ocorreu pela existência de espécies de fungos como bioindicadores variando através do termo mosse*, principalmente a espécie *Glomus mosseae* ou devido à simples citação de musgos como bioindicadores.

Anos de Publicação

Embora a busca compreendesse trabalhos de 1989 até o fim de 2011, somente a partir do ano de 1991 obteve-se artigos relacionados, constando neste ano 1,07% das publicações encontradas em relação ao total do período estudado. Após esse período, houve uma queda brusca nas publicações nos anos de 1992 a 1994 com um percentual abaixo de 1%. Períodos em que não houveram publicações não foram considerados nas análises, como os anos de 1989, 1990 e 1993. O número de publicações atingiu um máximo de 9,61% em 2009 (Figura 1). Esse aumento pode estar relacionado ao número de conferências climáticas e ambientais que ressaltam a importância da conservação do planeta.

A partir de dezembro de 1997 iniciou-se a abertura de assinaturas para o protocolo de Kyoto (Quioto) o que pode ter ocasionado o aumento de artigos sobre bioindicação nesse período de tempo. Mesmo que as publicações oscilem a partir do ano de 1999 é visível a queda considerável a partir do ano de 2009 que coincide com um período cético sobre o futuro do clima que atingiu a sociedade científica. Nos Estados Unidos da América (EUA) o número de americanos que acredita que as informações sobre o aquecimento global é exagerada subiu de 31% em 1997 para o índice de 48% em 2010 (Gallup 2010). Desse modo, a ocorrência de conferências como a TCCA (*Toronto Conference on the Changing Atmosphere*) em outubro de 1988, a

FAR (*IPCC First Assessment Report*) em agosto de 1990, a Eco 92 em junho de 1992 podem ter sido fatores essenciais para o aumento de publicações sobre bioindicação (Gabeira 2008).

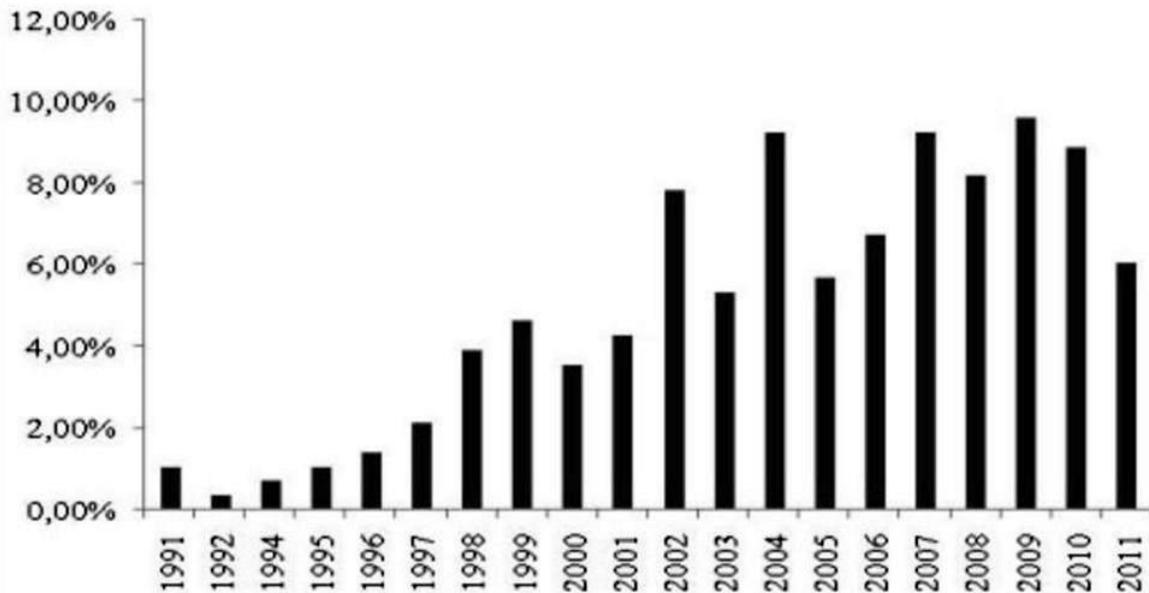


Figura 1 - Número anual de publicações com as palavras “bryophyte”, “mosses” ou “liverwort” e “bioindicator”, “biological indicator” ou “indicator of pollution”.

Dessai e Sluijs (2007) demonstram que o número de publicações sobre o termo “Impacto do clima” subiu consideravelmente durante o tempo, embora exista uma sucessão das publicações para o termo “Adaptação climática” conforme apresentado na figura 2 para períodos de tempos semelhantes aos utilizados neste trabalho.

Local de Publicação dos Artigos

Os estudos analisados foram desenvolvidos em 42 países diferentes além de Antártica e Ártico, porém a maior quantidade de publicações derivou de Ambientes Neutros (A.N.), ou seja, em locais não especificados nos artigos, que produziram seus dados através de trabalhos experimentais ou descritivos em laboratórios ou por estudiosos especializados em trabalhos de revisão bibliográfica. A utilização de A.N. foi de 30,17% do valor total. A maior porcentagem de A.N. pode caracterizar que existe uma facilidade em trabalhar com espécies em ambiente *ex situ*. Os países França, Itália, Suécia e Espanha apresentaram os maiores índices de publicação *in situ*, com 7,12%, 5,76%, 5,42%, 4,07% respectivamente. Embora existam autores de várias localidades, considerou-se aqui apenas o local em que foi realizado o estudo.

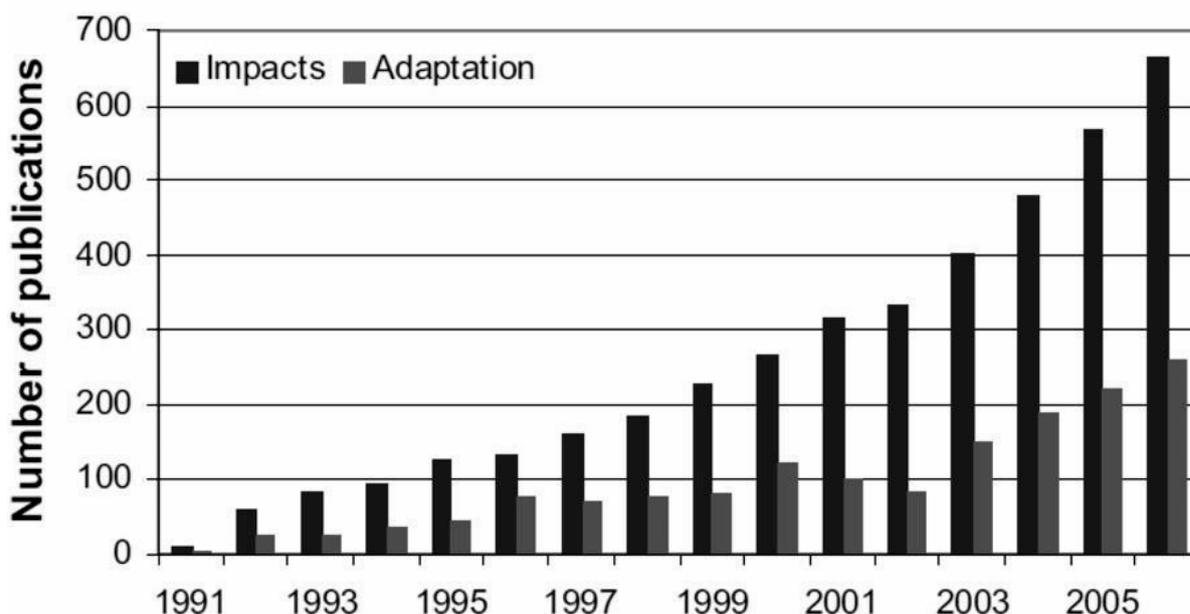


Figura 2 - Número anual de publicações sobre mudança climática com as palavras "Impacto" ou "Adaptação" em qualquer título ou resumo (Adaptado de Dessai & Sluijs 2007).

O grande número de publicações situadas na Europa pode estar relacionado às políticas ambientais que a União Européia implantou, já que até o ano 2000, mais de 700 novos itens de legislação ambiental foram aprovados promovendo ações de conscientização ambiental (Aicher & Diesel 2004).

Países como China e EUA apresentaram índices medianos de publicações com valores de 2,71% e 3,74% respectivamente, mesmo que sejam os dois maiores emissores de poluentes atmosféricos justamente por serem ambos muito populosos (Goldenberg 2001). É importante ressaltar que as áreas territoriais de China e dos EUA somam ao todo 18.968.135 km², valor de área 10 vezes maior do que a área somada dos países com maiores índices de publicação e uma população total de 1,64 bilhões de habitantes (UNSTATS, 2012). No entanto, em contrapartida aos resultados relacionados à bioindicadores obtidos aqui para os EUA, Siqueira, Padiál e Bini (2009) detectaram que 42% dos artigos publicados de 1989 a 2007 sobre mudanças climáticas globais e biodiversidade foram publicados neste país.

Do total de publicações apenas 0,34% foi desenvolvida no Brasil, o que pode ser justificado pelo número reduzido de espécies de briófitas conhecidas e de profissionais briólogos ou ainda, pela dificuldade de utilização dessas plantas como bioindicadoras (Figura 3).

Fatores Indicados por Briófitas

Entre os fatores indicados, as variações climáticas atingiram valores baixos entre as publicações somando um total de 2,02% (Alterações Climáticas, Degelo, Dessecação, Indicador Reverso de Temperatura, Microclima, Temperatura e Temperatura da Água).

Publicações experimentais tiveram uma distribuição superior de 93,24% e publicações descritivas atingiram 6,76%. Esse padrão de distribuição pode demonstrar a

grande preferência dos pesquisadores pelo trabalho experimental ao se tratar de briófitas como bioindicadoras.

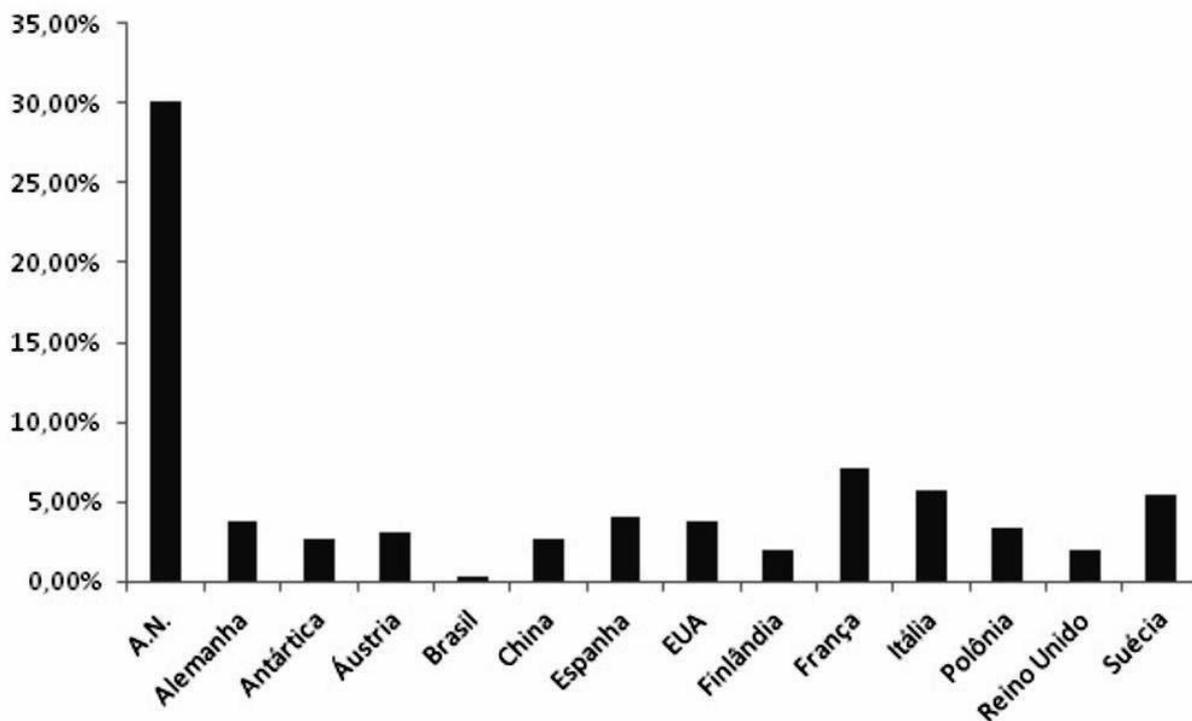


Figura 3 – Porcentagem de publicações por localidades de maior frequência e Brasil, o qual foi incluído somente a título de comparação.

Os fatores indicados com maior frequência foram os metais pesados Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Cádmio (Cd) e Níquel (Ni), com porcentagens de 7,97%, 7,44%, 6,91%, 6,27% e 5,21%, respectivamente. Outros indicados também foram relacionados com frequências medianas: Alumínio (Al), Arsênio (As), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Nitrogênio (N) e Vanádio (V) com porcentagens que variam de 2,55% a 4,46%. Dentre os 112 fatores indicados relatados no trabalho, os mais frequentes foram apresentados na Figura 4.

Esses resultados sugerem a eficácia do estudo de briófitas como bioindicadoras de metais pesados. Martins & Boaventura (2004) constataram que as briófitas aquáticas são os mais aptos bioindicadores de metais pesados do ecossistema aquático.

O fator Biodiversidade também teve alta incidência, (4,14%) somado com outra derivação do termo relacionada, a Silvicultura, que é a ciência que estuda os métodos naturais e artificiais de regeneração florestal. Ambos refletem a relação existente da presença de briófitas com a diversidade que um ambiente pode ter. As briófitas são plantas de grande importância no sensoriamento de perturbações do hábitat devido a suas características, por exemplo, a poiquiloidria (Schofield 1985). Zartman (2003) em seu estudo sobre brioflora epífila em fragmentos na Amazônia Central corrobora que o grupo pode indicar a riqueza e diversidade de um hábitat de forma positiva ou negativa.

Alguns indicados pouco comuns foram relatados. Ouro (Au) e dióxido de carbono (CO₂) do cretáceo foram indicados com frequência somada de 0,22%, considerada a mais baixa obtida nesse trabalho. Trabalhos que não encontraram relações dos táxons com os indicados somaram 0,64% dos trabalhos. A mesma porcentagem

atingida por indicadores reversos de poluição por metais pesados, temperatura e nitrogênio.

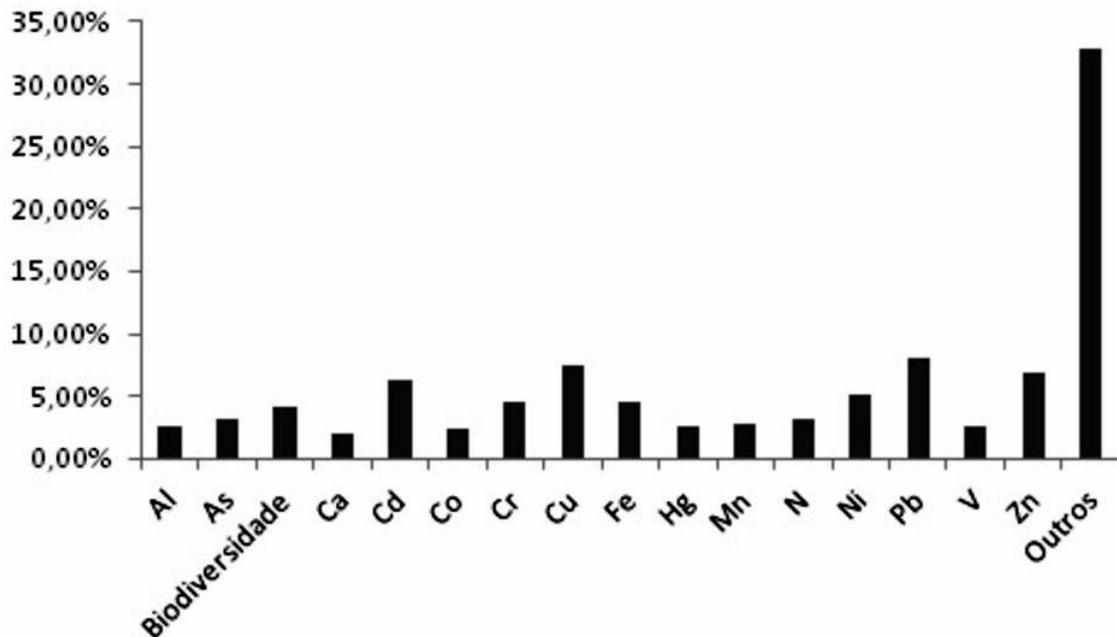


Figura 4 - Relação dos principais fatores indicados por briófitas citados nas publicações.

Táxons Utilizados como Bioindicadores

Foram encontrados 144 táxons diferentes utilizados como bioindicadores. Dentre eles os que mais se destacam são Bryophyta, Líquen, *Fontinalis antipyretica*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* e *Hypnum cupressiforme*. As demais espécies apresentaram frequências muito baixas de publicações, atingindo percentuais entre 0,23% a 1,62%. Embora exista uma grande variação de espécies utilizadas como bioindicadoras de poluição, o filo Bryophyta foi o mais relatado como bioindicador, com frequência de 33,95% em relação ao total. O termo “Bryophyta” foi utilizado apenas quando o filo em geral foi estudado como bioindicador não considerando os nomes das espécies estudadas.

O musgo aquático *Fontinalis antipyretica* apresentou a maior incidência entre os bioindicadores, representando um total de 6,47%. A espécie é predominantemente aquática e tem larga ocorrência no hemisfério norte, pois suporta temperaturas de 10 - 15°C. A espécie também acumula uma quantidade superior de cerca de seis, doze e treze vezes mais de Pb que Zn, Cd e Cr, respectivamente em relação ao BCF (*Bioconcentration factor*) que é o fator de concentração biológico suportável para um ser vivo, o que pode demonstrar sua eficiência como bioindicadora destes metais pesados (Martins & Boaventura 2004).

Outra espécie que mostrou uma percentagem mediana foi a *Hylocomium splendens* (3,7%). A mesma foi registrada na América do Norte, Caribe, Europa, África e Ásia (MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2004) e identificada como uma boa bioindicadora de metais pesados e MP (Carneiro 2004).

Pleurozium schreberi também obteve uma porcentagem considerável neste trabalho, já que 2,31% das publicações a utilizaram como bioindicadora. Mankovská (1997) utilizou *H. splendens* e *P. schreberi* e considerou que, tanto musgos, como húmus são bioindicadores sensíveis à poluição atmosférica de origem antropogênica, principalmente para o metal pesado Cd.

Hypnum cupressiforme atingiu 2,08% das publicações, e pode indicar boa capacidade de indicação de metais pesados. Segundo Carneiro (2004) tanto esta espécie, quanto a *P. schreberi* tem bom potencial para o biomonitoramento de metais pesados de acordo com as condições climáticas brasileiras.

H. cupressiforme, *H. splendens* e *P. schreberi* foram utilizadas para registrar o efeito histórico da atividade humana sobre a concentração do Pb atmosférico a partir de 1860, havendo sucessivos aumentos da concentração deste metal na Suécia (Rao 1982). Rühling e Tyler (1973) confirmam essa relação com Pb e Cd, Co, Cu, Fe, Mn, e Zn para *H. splendens*.

Yano (2011) em seu catálogo de musgos brasileiros não descreve nenhuma das principais espécies citadas como bioindicadoras com incidência no Brasil. No entanto, algumas espécies que apresentaram frequências mais baixas de publicação (entre 0,23% e 1,39%) que ocorrem no Brasil estão dispostas na Tabela 1. Isso sugere que novas pesquisas sobre bioindicação sejam produzidas no Brasil, aumentando o conhecimento e a ampliando a utilização de briófitas como bioindicadoras.

Tabela 1 – Relação de espécies encontradas no Brasil (Yano 2011) e relatadas neste trabalho de acordo com sua porcentagem.

Espécie	Porcentagem
<i>Brachythecium plumosum</i>	0,23%
<i>Bryum argenteum</i>	0,23%
<i>Bryum capillare</i>	0,23%
<i>Bryum radiculosum</i>	0,23%
<i>Calymperes palisotii</i>	0,23%
<i>Ctenidium malacodes</i>	0,23%
<i>Erpodium coranatum</i>	0,23%
<i>Fontinalis squamosa</i>	0,46%
<i>Haplocladium microphyllum</i>	0,23%
<i>Hyocomium armoricum</i>	0,23%
<i>Platyhypnidium riparioides</i>	1,15%
<i>Pleurochaete squarrosa</i>	0,23%
<i>Polytrichum commune</i>	0,23%
<i>Polytrichum strictum</i>	0,23%
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	1,39%
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>	0,46%
<i>Sphagnum squarrosum</i>	0,46%
<i>Squamidium leucotrichum</i>	0,23%
<i>Thuidium delicatulum</i>	0,69%
<i>Thuidium tamariscinum</i>	0,23%

REFERÊNCIAS

AICHER, C. & DIESEL, V. 2004. Políticas ambientais na Europa: Leitura a partir da perspectiva do 'Advocacy Coalition Framework'. **Revista Extensão Rural** 11: 5-27.

ANDREWS, J. E.; BRIMBLECOMBE, P.; JICKELLS, T. D. 1996. The atmosphere In: ANDREWS, J. E.; BRIMBLECOMBE, P.; JICKELLS, T. D. (Ed.). **An introduction to environmental chemistry**. Oxford: Blackwell Science. p. 12-45.

ARNDT, U., FLORES, F. & WEINSTEIN, L. 1995. **Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil**. Porto Alegre: Editora UFRGS. 157 p.

BAKONYIA, S.M.C., DANNI-OLIVEIRA, I.M., MARTINS, L.C. & BRAGA, A.L.F. 2004. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública** 5 (38): 695-700.

BEAUD, M. & BOUGUERRA, C. 1993. **L'État de l'Environnement dans le Monde**. Paris: La Découverte - Fondation pour le Progrès de l'Homme. 438 p.

BRAGA A.L.F., CONCEIÇÃO, G.M.S., PEREIRA, L.A.A., KISHI, H.S., PEREIRA, J.C.R. & ANDRADE, M.F. 1999. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. **J Environ Med.** 1: 95-102.

BRAGA, A.L.F., SALDIVA, P.H.N., PEREIRA, L.A.A., MENEZES, J.J.C., CONCEIÇÃO, G.M.S. & LIN, C.A. 2001. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatric Pulmonology** 3: 106-13.

BUCK, W.R. & GOFFINET, B. 2000. Morphology and classification of mosses. In: SHAW, A.J.; GOFFINET, B. (eds.). **Bryophyte Biology**. Cambridge: Cambridge University Press. p.71-123.

BUSTAMANTE, M., OLIVA, M.A., SANT'ANNA, R. & LOPES, N.F. 1993. Sensibilidade Da Soja ao Flúor. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, 5(2): 151-157.

CARNEIRO, R.M.A. 2004. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para saúde da comunidade**. 169 f. Dissertação (Mestrado do programa de Enfermagem em saúde pública) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

CETESB. **O uso de bioindicadores vegetais no controle da poluição atmosférica**. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoesB%3%A1sicas/Vegeta%3%A7%3%A3o/8-Bioindicadores>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

DELGADILLO, M.C. & CÁRDENAS, S.M.A. 2000. Urban mosses in Mexico City. **Anales del instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México** 71(2): 63-72.

DESSAI, S. & SLUIJS, J.V.D. 2007. **Uncertainty and Climate Change Adaptation - a Scoping Study**. Utrecht: Copernicus Institute. Disponível em: <http://www.nusap.net/downloads/reports/ucca_scoping_study.pdf> . Acesso em: 22 fev. 2012.

GABEIRA, F. 2008. Protocolo de Quioto. In: MAGNOLI, D. **História da Paz**. São Paulo: Editora Contexto. p. 419-448.

GOLDENBERG, J. 2001. **Amazônia e o protocolo de Kyoto**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 4 set. 2001. Ciência e Saúde, Mundo, p.A2.

KLUMPP, A., KLUMPP, W.A.G. & FOMIN, A. 2001. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Revista Brasil. Bot.** 24(4): 511-518.

LIN, A.C., MARTINS, M.A; FARHAT, S.L.; CONCEIÇÃO, G.M.S. & ANASTÁCIO, M.V. 1999. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Pediatric Perinat. Epidemio.** 13(4): 475-488.

MACIAS-CHAPULA, C.A. 1998. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ci. Inf.** 27(2): 134-140.

MARKERT, B.A., BREURE, A.M. & ZECHMEISTER, H.G. 2003. Definitions, strategies and principles for biomonitoring of the environment. In: MARKERT, B.A., BREURE, A.M. & ZECHMEISTER, H.G. **Bioindicadores e Biomarcators: Principles, Concepts and Applications**. Oxford: Elsevier. p. 3-40.

MARTINS, R.J.E. & BOAVENTURA, R.A.R. 2004. **Briófitas aquáticas como bioindicadores da poluição de águas superficiais por metais pesados**. 650 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

MISHLER, B.D. 2012. Review: The Biology of Bryophytes: Bryophytes Aren't Just Small Tracheophytes. **American Journal of Botany** 88(11): 2129-2131.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN – W3T. **Vascular tropicos nomenclatural database**. Disponível em <<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>> . Acesso 12 maio de 2012.

PASSET, R. 1994. A co-gestão do desenvolvimento econômico e da biosfera. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** 1: 47-62.

PIAIA, A. & FERNANDES, S.B.V. 2009. Plantas indicadoras em sistemas de cultivo de erva mate e bracatinga. **Revista Brasileira de Agroecologia** 4: 852-855.

PROCTOR, M.C.F. & TUBA, Z. 2002. Poikilohydry and homoihydry: antithesis or spectrum of possibilities? **New Phytologist** 156: 327-349.

RAO, D.N. Responses of Bryophytes to Air Pollution. 1982. In : SMITH, A.J.E. **Bryophyte Ecology**. Londres : Chapman and Hall. p. 445-471.

REM. Revista Escola de Minas. 2007. **Notícias da REM**, 60(3): 443-450. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v60n3/v60n3a02.pdf>> . Acesso em: 15 jul. 2011.

GALLUP. 2010. **Americans' Global Warming Concerns Continue To Drop**. Instituto Gallup. Disponível em: <<HTTP://WWW.GALLUP.COM/POLL/126560/AMERICANS-GLOBAL-WARMING-CONCERNS-CONTINUE-DROP.ASPX#1>> . ACESSO EM: 10 FEV. 2014.

SACHS, I. 1994. Estratégia de transição para o século XXI. In: **Desenvolvimento e meio ambiente**. 1 ed. Curitiba : UFPR/GRLD. p. 47-62.

SCHOFIELD, W.B. 1985. **Introduction to bryology**. New York : Macmillan Publishing Company. 431 p.

SHEPHERD, G.J. 2003. **Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica do Brasil: Plantas Terrestres**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 60p.

USEPA. **Mobile sources emissions: past, present and future. Hydrocarbons**. Disponível em: <<http://epa.gov/otaq/invntor/overview/pollutants/hydrocarbons.html>> . Acesso em: 02 de out. de 2010.

UNSTATS. **Population by sex, rate of population increase, surface area and density**. Disponível em: <<http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2007/Table03.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. de 2012.

VILELA, E.M.; MENDES, I.J.M. 2000. **Entre Newton e Einstein: desmedicalizando o conceito de saúde**. Ribeirão Preto: Holos Editora. p. 83.

WOLTERBEEK, H.T.; GARTY, J.; REIS, M.A.; FREITAS, M.C. 2003. Biomonitoring in use: lichens and metal air pollution. In: MARKERT, B.A.; BREURE, A.M.; ZECHMEISTER, H.G. **Bioindicators e Biomarcators: Principles, Concepts and Applications**. Oxford: Elsevier, p. 3-40.

YANO, O. **Catálogo de Musgos Brasileiros**. 2011. São Paulo: Instituto de Botânica. Disponível em: <<http://www.ibot.sp.gov.br/publicacoes/virtuais/musgos%20brasileiros%20completo%2023-05.pdf>> . Acesso em: 02 de jun. de 2012.

YENISOY-KARAKAS, S.; TUNCEL, S.G. 2004. Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoriaparietina* (L.) Th. Fr. **Science of the Total Environment** 329:43-60.

ZARTMAN, C.E. 2003. Hábitat Fragmentation Impacts on Epiphyllous Bryophyte Communities in Central Amazônia. **Ecology** 84 (30): 948-954.

ZECHMEISTER, A.G.; GRODZIŃSKA, K.; SZAREK-ŁUKASZEWSKA, G. 2003. Bryophytes. In: MARKERT, B.A.; BREURE, A.M.; ZECHMEISTER, H.G. **Bioindicators e Biomarcators: Principles, Concepts and Applications**. Oxford: Elsevier, p. 3-40.